سِلسِلة العُلوم المبسّطة

طبيعَة الضوْء وَالآلات البصَريّة





إليك قائمة بالأدوات القليلة التي تلزمك لإجراء الاختبارات في هذا الكتاب ، ولعلّ مُعظمها متوافرٌ لديك حاليًا .

مصباحُ جيبٍ كهربائي (كشّاف)
مرآة صغيرة
عدساتٌ مكبّرة
عدساتُ نظاراتٍ قديمة (مُحدّبة)
مرآة حلاقة
لوحٌ زجاجي ٣٠ سم × ٣٠ سم
شمعة
ورق سلوفان ملوّنٌ شفاف
كأس زجاجية

مرطبان زجاجي
علبة صغيرة
قلم رصاص
مسطرة
عدسة شمس
علبة معدنيّة فارغة
قطع من البلاستيسين
قطعة نقد
مشط
بكرةٌ من الشريط اللاصق
بعض الخيوط القطنية
ألوان مائيّة
قضبان من الكرتون
بكرة خيوط فارغة

هلْ تعلمُ أنَّ الضَوءَ الأبيضَ يتألّفُ من ألوانِ قوسِ قُزَحٍ مجتمعةً ؟

إنَّ هذا الكُتَيِّبَ الرابعَ من كُتُبِ ليديبرد في العلوم المبسَّطة يشرحُ لكَ بالإرشادات البسيطةِ والرسومِ المُلوَّنةِ المُعبِّرة طريقةَ تبيانِ ذلكَ بالاختبار . كما يُزوِّدُكَ بتجاربَ ومعلوماتٍ قيّمةٍ مُفيدةٍ وعمليَّةٍ حولَ انعكاسِ الضَوءِ (لِترى ما وراء الزوايا) وانكسارِهِ وعن كيفيَّةِ استخدامِ الضَوءِ للتكبيرِ ولإسقاطِ الظِّلالِ أو الصُّوَرِ على السِّتارة أو الحائط . كذلكَ يعرِضُ لكَ هذا الكِتابُ أهميَّةَ الضَوءِ للحياةِ بشتَّى أشكالِها ويَصِفُ لكَ طبيعةَ الرُّؤيةِ وكيفَ تعملُ عيناك .

والموادُّ المستخدَمةُ في إجراءِ التجارِبِ أو في عَمَلِ النماذجِ كلُّها موادُّ بسيطةٌ مأمونةُ الاستعمالِ وسهلةُ المتناوَلِ .

طبع في انكلترا
١٩٨٠

طبيعة الضوء والآلات البصريّة

تأليف : ف . إ . نيوينغ
وريتشارد بوود
نقله الى العربيّة :
أحمد الخطيب
وضع الرسوم :
ج . هـ . وينغفيلد



مكتبة لبنان



النُّورُ والظُّلمة

حين دَخَلَ الوَلَدُ وأختُه (في الصُّورة المُقابِلة) باكرًا جدًّا إلى الغُرفة لم يَرَيا طَبَقَ التُّفاحِ على المِنضَدة مع أنَّهما كانا يعرفان بوجوده وكانت عيونُهما مفتوحةً ومُحدِّقة. إنَّهما لم يريا طبقَ التُّفاحِ لأنَّ الظلامَ كانَ يُخيِّمُ على الغُرفة.

الظُّلمةُ هي انعدامُ النُّور (الضَّوء). فعندما نَدخلُ غُرفةً ونَصِفُها بأنَّها مُظلِمةٌ فإنَّنا نَعني أنَّه لا يَصِلُها ضَوءٌ من أيِّ مكانٍ فيها. ونحنُ لا نَستطيعُ رُؤيةَ شيءٍ ما لم يَصِلْ إلى عيوننا ضوءٌ منه (صادرٌ أو مُنعكِس).

أمَّا حينَ أزاحتِ الفتاةُ السِّتارةَ قليلاً فقد تغيَّرَ الحالُ. لقد دخلَ الضَّوءُ عبرَ شَقِّ السِّتارةِ وسَقَطَ بعضُه على التُّفاحاتِ وانتشرَ في أرجاءِ الغُرفةِ ووصلَ إلى عيونِ الوَلدين فرأيا التُّفاحَ.

نَسمعُ أحيانًا النَّاسَ يقولونَ إنَّ القِطَطَ تستطيعُ الرُّؤيةَ في الظَّلام. وهذا غيرُ صحيحٍ في الواقع. نعم إنَّ القِطَطَ وغيرَها من الحيواناتِ الَّتي تَنشَطُ للصَّيدِ ليلاً تَفوقُ الإنسانَ في مَقدرتِها على الرُّؤيةِ في الضَّوءِ الخافتِ الشَّحيح. ولكنَّها في الظُّلمةِ المُطلقةِ لا تستطيعُ الرُّؤيةَ إطلاقًا..



وسندرُسُ في هذا الكتابِ بعضَ خصائصِ الضَّوءِ بإجراءِ التَّجاربِ والاختباراتِ وبصنعِ النَّماذج. وسنكتشفُ سُلوكَ الضَّوءِ السَّاقطِ على المرايا والعَدَساتِ وكيفيَّةَ الاستفادةِ من هذه الخصائص. لكنَّ طبيعةَ الضَّوءِ وماهيَّتَه الحقيقيَّةَ لمَّا تُحَلَّ بكاملِها بعدُ، ولا تزالُ بعضُ أسرارِها تُحيِّرُ العُلَماء.



انظرْ إلى عينيكَ في مرآةٍ بدقّةٍ وتفحّصٍ. ستلاحظُ في وسطِ بياضِ العينِ دائرةً ملوّنةً بنيّةً أو زرقاءَ أو رماديّةً هيَ القزحيّةُ أمّا الدائرةُ الصغيرةُ السوداءُ في وسطِ القزحيّةِ فهيَ البؤبؤُ. والبؤبؤُ هو في الحقيقةِ فتحةٌ شفّافةٌ وتبدو سوداءَ فقطْ بفعلِ الظلمةِ في داخلِ العينِ..

فأنتَ ترى الأشياءَ حينَ ينبعثُ منها (أو ينعكسُ عنها) الضوءُ فيعبرُ البؤبؤَ ويسقطُ على ستارةٍ خاصّةٍ في مؤخّرةِ العينِ هي الشبكيّةُ، وعلى الشبكيّةِ تنطبعُ صورةُ المنظرِ الّذي تراه.

يمكنكَ الاستعانةُ بنموذجٍ تقريبيٍّ لتمثيلِ الطريقةِ التي تعملُ بها العينُ. ضعْ طاسةً زجاجيّةً كرويّةً مليئةً بالماءِ على المنضدةِ. ضعْ أمامها لوحةً من الورقِ المقوّى بعدَ أنْ تحدثَ فيها ثقبًا صغيرًا يمثّلُ بؤبؤَ العينِ. ثبّتْ شمعةً صغيرةً مشتعلةً على بعدٍ قليلٍ من الطاسةِ ولوحةِ البؤبؤِ. عتّمِ الغرفةَ بإطفاءِ الأنوارِ أو بإسدالِ الستائرِ. الآنَ أمسكْ بطاقةً من الورقِ الأبيضِ خلفَ الطاسةِ، في الجهةِ المقابلةِ للشمعةِ، لتمثّلَ الشبكيّةَ. حرّكِ الورقةَ البيضاءَ أمامًا وخلفًا حتّى تحصلَ على صورةٍ واضحةٍ للشمعةِ عليها.

ستبدو صورةُ الشمعةِ مصغّرةً ومقلوبةً رأسًا على عقبٍ. ولو صنعْنا نموذجًا دقيقًا لألصقْنا الورقةَ البيضاءَ في الجانبِ الخلفيِّ للطاسةِ التي تمثّلُ كرةَ العينِ.

إنّ شبكيّةَ العينِ شديدةُ الحساسيّةِ للضوءِ، والتعرّضُ لضوءٍ ساطعٍ شديدٍ يضرُّ بها. لذا عليكَ الامتناعُ مطلقًا عنِ النظرِ إلى الشمسِ مباشرةً بالعينِ المجرّدةِ. راقبْ سلوكَ بؤبؤِ العينِ في مرآةٍ حينَ تصوّبُ نحوَها ضوءَ مصباحِ جيبٍ كهربائيٍّ لمدّةِ ثانيةٍ أو ثانيتينِ. إنّ البؤبؤَ يغلقُ تلقائيًّا لوقايةِ الشبكيّةِ..





حيث لا ضوء فهنالك الظلمة ، وحيثما يعترض جسم مسار الضوء الساقط على سطح فإنه يكوّن ظلاً . إنّ بصيلة مصباح الجيب الكهربائيّ المستخدمة مباشرة (بدون زجاجة الغطاء الناشرة) تلقي ظلاً حاداً محدّد المعالم لأنّ الضوء ينبعث من مكانٍ واحد . أما المصباح المظلّل فيلقي ظلاً مشوّش المعالم لأنّ الضوء ينبعث من جميع أنحاء ظلّة المصباح .

يعرف الكثيرون من الأولاد طريقة إسقاط ظلالٍ بأشكال الحيوانات على الحائط بوضع أيديهم بين مصدر الضوء الساطع والجدار . ستلاحظ أنّ الظلّ الملقى على الجدار يكبر باقترابٍ يدك من مصدر الضوء وتكون معالمه أحدّ إذا كان مصدر الضوء الساطع صغيراً .

وفي بعض الأحيان نستطيع رؤية ظلّ الأرض الساقط على القمر (الذي يبعد عنها حوالى ٣٨٤ ألف كيلومتر) ، وذلك هو ما ندعوه خسوف القمر . فالقمر غير منيرٍ بذاته وإنما نراه بضوء الشمس الساقط عليه . وحين تعترض الأرض بين الشمس والقمر تحجب ضوء الشمس الساقط عليه فينخسف .

أمّا إذا اعترض القمر بين الشمس والأرض فإنّ ظلّه قد يصل إلى سطح الأرض وإذا حدث وكنت في منطقة الظلّ تلك ، فإنك سترى الشمس تنكسف في الفترة القصيرة التي يمرّ فيها القمر أمام قرصها .

والظلال ليست كلّها سوداء أو رمادية ، فبإمكانك صنع ظلالٍ ملوّنة . غطّ واجهتي مصباحي جيبٍ كهربائيّين بورق سيلوفانٍ مختلف الألوان ، كالأحمر والأزرق مثلاً ، مما تلفّ به علب الحلوى . ثبّت جسماً صغيراً أمام صفحة ورقٍ بيضاء ثم سلّط مصباحي الجيب عليه ، فترى ظلّين ملوّنين وسط خلفيةٍ مختلفة الألوان . أعد التجربة مستخدماً أزواجاً مختلفة من الألوان ولاحظ النتيجة في كلّ حالة .





صنع الكاميرا ذات الثقب

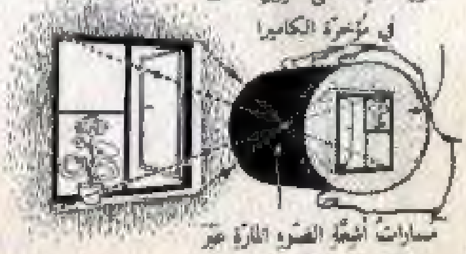
يعتمد عمل الكاميرا ذات الثقب على حقيقة يؤيدها الاختبار هي أن الضوء يسير في خطوط مستقيمة .

لصنع نموذج بسيط لهذه الكاميرا تحتاج إلى علبة معدنية فارغة وقطعة من الورق الشف الرقيق (أو الورق المشمع) . اقطع قعر العلبة المعدنية والصق مكانه قطعة مناسبة من الورق الشف ، ثم غط فوهة العلبة بقطعة من الورق الأسمر السميك وأحدث في منتصفها تماماً ثقباً صغيراً – وهكذا تحصل على نموذجك لهذه الكاميرا .

أمسك الكاميرا موجهاً الثقب نحو نافذة جيدة الإضاءة . غط رأسك وطرف الكاميرا ذا الورق الشف وسترى صورة للنافذة (على الورق الشف) . إن الصورة التي تراها مقلوبة رأساً على عقب لأن أشعة الضوء من أعلى النافذة وأسفلها السائرة بخطوط مستقيمة تتقاطع عند مرورها عبر الثقب – والصورة في أسفل هذه الصفحة تبين كيفية حدوث ذلك .

ولصنع نموذج أفضل للكاميرا ذات الثقب يلزمك علبتان من الورق المقوى يمكن إدخال واحدتهما في الأخرى – أما إن وجدت علبة ذات غطاء عميق الجوانب فذلك أفضل من العلبتين . قص قطعة مربعة من قعر العلبة وغط مكانها بالورق الأسمر . ثم قص القطعة المقابلة من الغطاء وغطها تماماً بالورق الشف . أحدث ثقباً في قطعة الورق السمراء كما سبق .

غط رأسك والطرف ذا الورق الشف من الكاميرا بقماش أسود . يمكنك تغيير حجم الصورة بتحريك العلبة داخل الغطاء (أو داخل العلبة الأخرى) . إن تغطية رأسك ومؤخرة الكاميرا بالقماش ضرورية لتوضيح الصورة الخافتة المتكونة بالضوء القليل المار عبر ثقب الكاميرا . اختبر ما يحدث إذا أحدثت أكثر من ثقب أو إذا أحدثت ثقباً واسعاً .





الرؤية حول المنعطفات

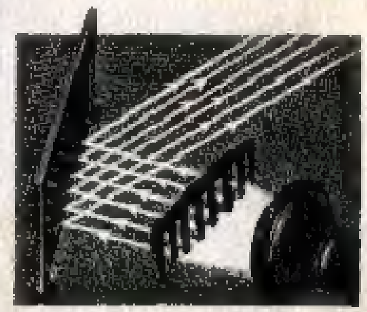
• ثبّت مرآة صغيرة (مستطيلة أو مربّعة) عموديًّا فوق قطعة ورق بيضاء بقليل من البلاستيسين. عتّم الغرفة ثمّ سلّط ضوء مصباح جيب كهربائي، عبر مشط، نحو سطح المرآة بحيث تبدو مسارات الأشعّة الساقطة على المرآة واضحة على الورقة البيضاء. لاحظ انعكاس الأشعّة الساقطة على المرآة. أدر المرآة قليلًا ولاحظ التغيّر في مسار الأشعّة المنعكسة

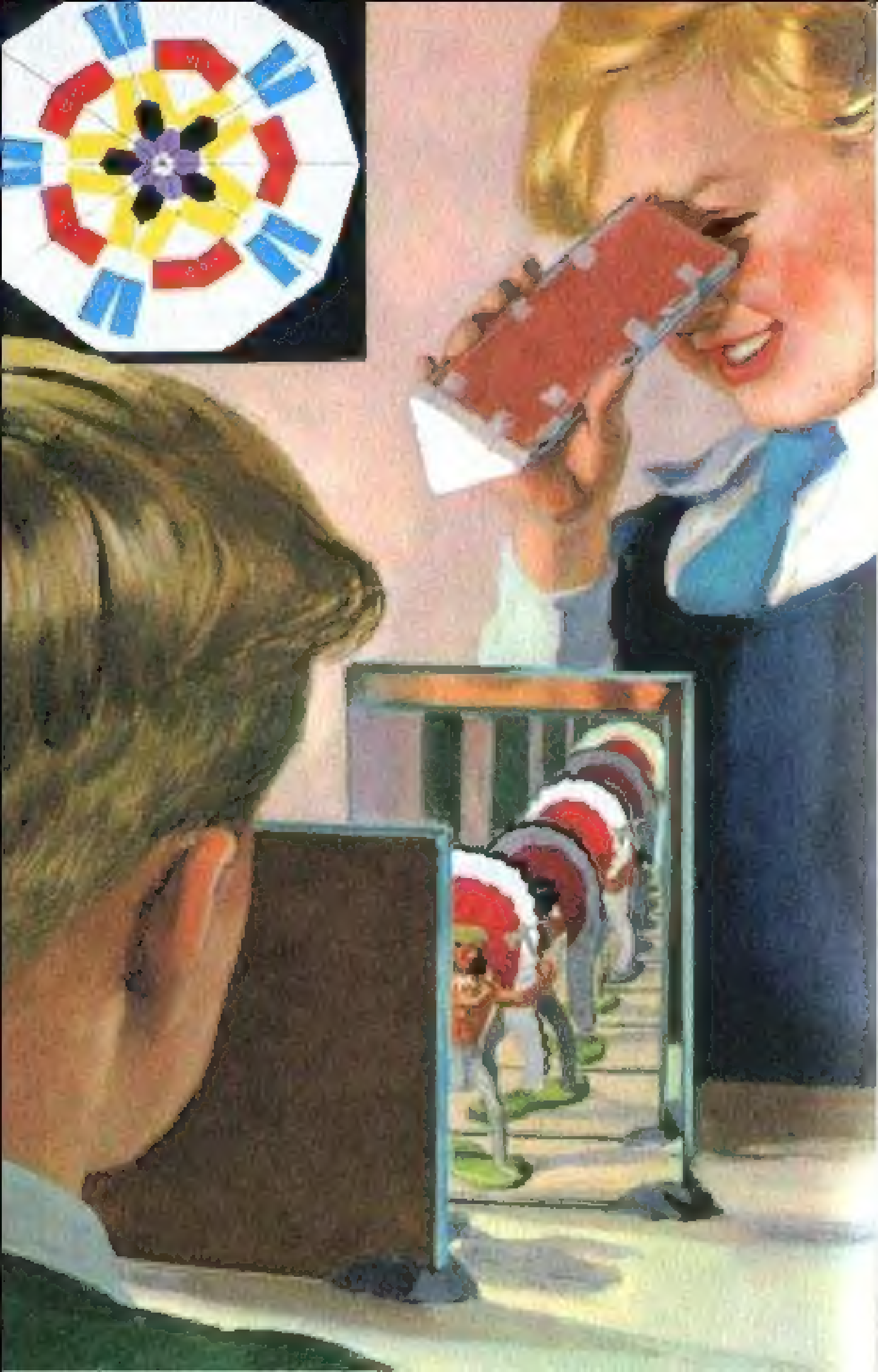
• إنّ ظاهرة الانعكاس هذه تمكّنك من الرؤية حول المنعطف إذا ما وضعت مرآة في مواجهة جانبي المنعطف - والمِفْاق (البريسكوب)، هو تطبيق عمليّ على هذه التجربة. فبواسطته يستطيع قائد الغوّاصة رؤية ما يجري فوق سطح الماء حواليه.

باستطاعتك صنع مِفْاق بسيط باستخدام مسطرة ومرآتين. ثبّت المرآتين على طرفي المسطرة بالبلاستيسين (بحيث يكون سطحاهما متوازيين ومائلين بنصف زاوية قائمة عن سطح المسطرة) كما في الشكل. ضع جسمًا فوق المنضدة لتراقبه بمِفْاقك.

اركع على ركبتيك وأنت تمسك بالمِفْاق عموديًّا جاعلًا المرآة العليا بموازاة الجسم المنظور. إذا لم تكن المرآتان منضبطتي الوضع فعدّل وضعهما حتّى ترى صورة الجسم في المرآة السفلى كما يحصل في المِفْاق.

• إنّ أشعّة الضوء من الدبّ اللعبة في الصورة المقابلة سقطت على المرآة العليا في المِفْاق وانعكست عنها لتسقط على المرآة السفلى لتنعكس بدورها نحو عينيّ الصبي. بإمكانك صنع مِفْاق أفضل باستخدام أنبوب من الورق المقوّى وتثبيت المرآتين بداخله بعد قطع ثقبين مربّعي الشكل في طرفي الأنبوب مقابل كلّ من المرآتين.





الصُّوَرُ المُنعكِسة

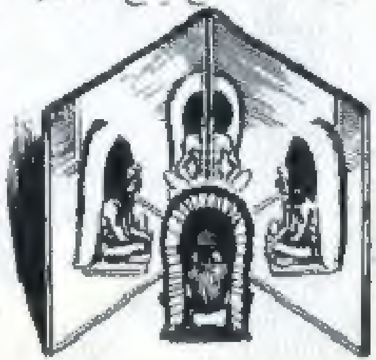
إنَّ الدُّبَّ الدُّميةَ الذي رآه الولدُ في المِرآةِ المُعلَّقِ من مِقبضِه هو الصُّورةُ المنعكسةُ له على المِرآةِ ، وكذلكَ الصُّورةُ التي رأيتَها على سِتارةِ الكاميرا ذاتِ الثُّقبِ أو الصورةُ التي تَراها لِنفسِكَ حينَ تَقِفُ أمامَ المِرآةِ .

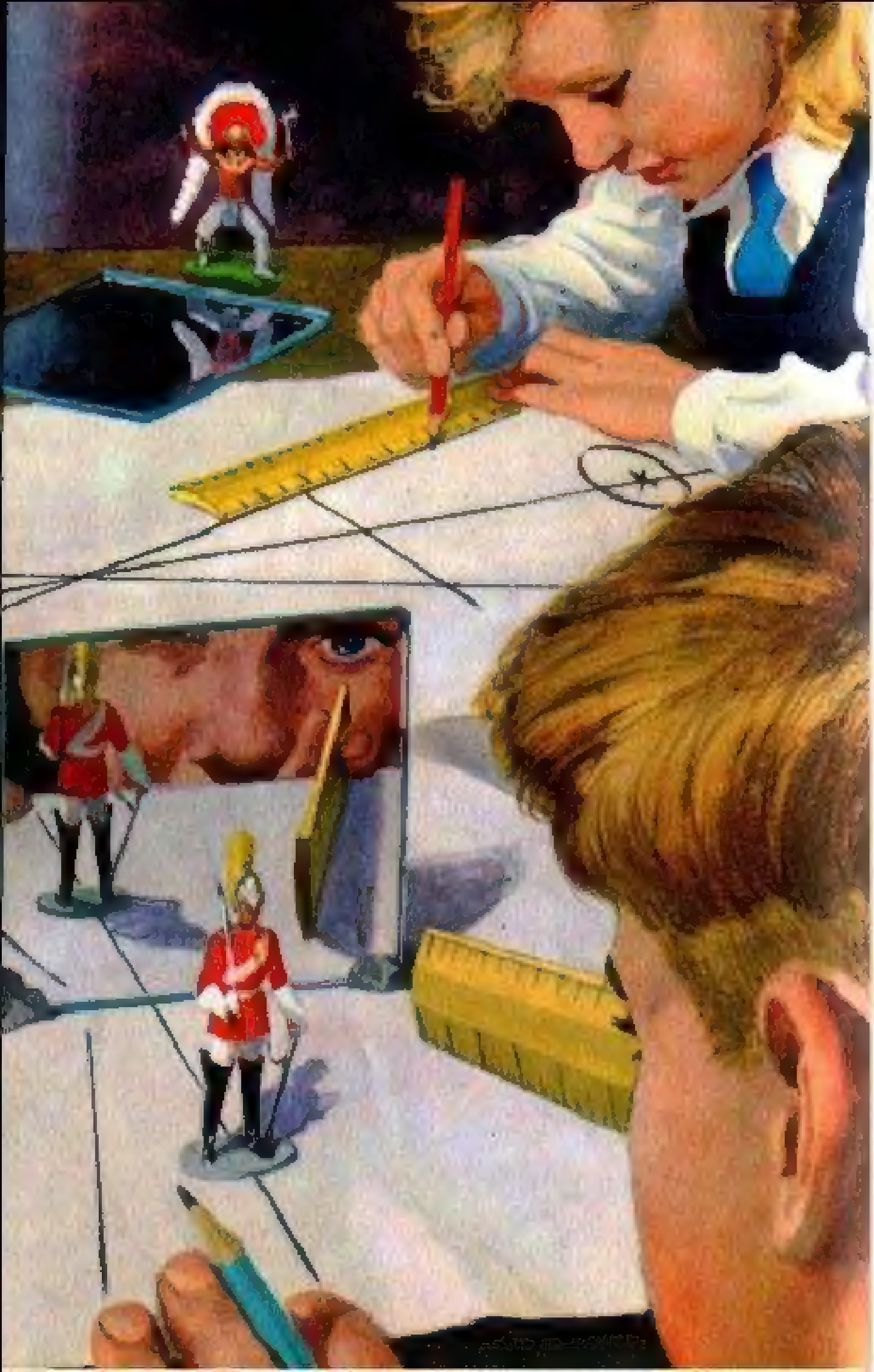
وإذا استخدَمْنا مِرآتَينِ فإنَّنا نَحصُلُ على صُوَرٍ لِلصُّوَرِ . صِلْ مِرآتَينِ بِشَريطٍ لاصِقٍ بِمُحاذاةِ حافَتَيهِما كَمَفصَلَةٍ ، وأَوقِفْهُما على المِنضَدةِ كما في الشَّكلِ أدناه . ثُمَّ ضَعْ شيئًا في الزّاويةِ المَحصورةِ بينَهُما – كَدُميةٍ صَغيرةٍ تُمثِّلُ مُحارِبًا من الهُنودِ الحُمرِ مثلًا .

انظُرْ في المِرآتَينِ ولاحِظْ عددَ الصُّوَرِ المتكوِّنةِ . ضَيِّقِ الزّاويةَ بينَ المِرآتَينِ قليلًا ولاحِظْ تأثيرَ ذلكَ في عددِ الصُّوَرِ المتكوِّنةِ . كرِّرْ ضَمَّ المِرآتَينِ وراقِبْ تزايُدَ الصُّوَرِ المتكوِّنةِ !

فُكَّ المِرآتَينِ وثَبِّتْهُما مُتقابِلَتَينِ تمامًا ومُتَعامِدَتَينِ على المِنضَدةِ بِقِطَعٍ من البلاستيسين ثُمَّ ضَعِ الدُّميةَ في نُقطةٍ مُتوسِّطةٍ بينَهُما وانظُرْ من فَوقِ قِمّةِ إحدى المِرآتَينِ إلى المِرآةِ الأُخرى ولاحِظْ صَفَّ الدُّمى الطَّويلَ المُمتَدَّ بَعيدًا عنكَ . إنَّ هذا الصَّفَّ هو صُوَرٌ لِلصُّوَرِ المتكوِّنةِ في المِرآتَينِ لِلدُّميةِ الواحِدةِ .

بإمكانِكَ صُنعُ مِنظارِ أشكالٍ مُتغيِّرةٍ (كَلَيدوسكوب) من مِرآتَينِ مُستَطيلَتَينِ مُتساوِيَتَيِ الأبعادِ . صِلِ المِرآتَينِ بِمُحاذاةِ ضِلعَيهِما الطَّويلَينِ بِشَريطٍ لاصِقٍ كَمَفصَلَةٍ ، ثُمَّ سُدَّ الفُتحةَ بينَ حافَتَيهِما السائبَتَينِ بِقِطعةٍ مُستطيلةٍ من الكرتونِ لِتَحصُلَ على أُنبوبٍ ثُلاثيِّ المَقطَعِ . غَطِّ فُتحةَ الأُنبوبِ السُّفلى بالصاقِ قِطعةٍ من الوَرَقِ الشَّفِّ الرَّقيقِ فَوقَها . ضَعْ بِضعَ خَرَزاتٍ صَغيرةٍ وبَعضًا من نُتَفِ الوَرَقِ المُلوَّنِ في قَعرِ الأُنبوبِ وأَمسِكْهُ أمامَ ضَوءٍ غيرِ ساطِعٍ . انظُرْ من أعلى الأُنبوبِ بِاتِّجاهِ أسفَلِه وسَتُلاحِظُ نَماذِجَ لأشكالٍ (كالتي في الزّاويةِ العُليا من الصورةِ المُقابِلةِ) تكوَّنَتْ بالانعِكاساتِ في المِرآتَينِ . هُزَّ الكَلَيدوسكوبَ فَتَحصُلَ على نَموذَجٍ جَديدٍ .





بُعدُ الصُّورةِ في المرآة

قِفْ بمواجهةِ مرآةِ خِزانةِ الثيابِ وانظُرْ إلى الأرضيّةِ (بلاطِها أو سجّادِها). ستلاحظُ المدى نفسَه بينَ صورةِ قدمَيكَ والمرآةِ وبينَ قدمَيكَ والمرآةِ. وهذا يبيّنُ أنّ بُعدَ صورتِكَ خلفَ المرآةِ مُساوٍ لِبُعدِكَ أنتَ أمامَها. ويمكنُكَ تحديدُ موضعِ صورةٍ ما في المرآةِ بالتجربةِ البسيطةِ التاليةِ.

انشُرْ صفحةً كبيرةً من الورقِ الأبيضِ على منضدةٍ وركِّزْ فوقَ منتصفِها مرآةً بقطعتَينِ من البلاستيسين. ضَعْ جُنديًّا دُميةً أو جسمًا صغيرًا أمامَ المرآةِ على بُعدِ حوالَى ١٥ سنتيمترًا من قاعدتِها، ثُمّ تأكّدْ من امتدادِ الورقِ مسافةً كافيةً خلفَ المرآةِ.

ضَعْ مِسطرةً فوقَ الورقةِ باتّجاهِ المرآةِ ثُمّ اركَعْ على رُكبَتَيكَ وصوِّبِ المِسطرةَ، وأنتَ تنظُرُ من فوقِ حدِّها، نحوَ صورةِ الدُّميةِ في المرآةِ. عِندَ ضبطِ اتّجاهِ المِسطرةِ تمامًا ثبِّتْها جيّدًا ثُمّ ارسُمْ خطًّا بمحاذاةِ حدِّها حتّى يبلُغَ قاعدةَ المرآةِ.

كرِّرْ توجيهَ المِسطرةِ نحوَ صورةِ الدُّميةِ في المرآةِ من عدّةِ اتّجاهاتٍ حتّى يتجمّعَ لديكَ ثلاثةُ أو أربعةُ خطوطٍ كلُّها تؤشِّرُ نحوَ صورةِ الدُّميةِ في المرآةِ. قبلَ أن ترفَعَ المرآةَ، ارسُمْ خطًّا بمحاذاةِ قاعدتِها لتحديدِ موضعِها، وكذلكَ ارسُمْ دائرةً صغيرةً حولَ موضعِ الدُّميةِ. الآنَ ارفَعِ المرآةَ والدُّميةَ عنِ الورقةِ.

أكمِلِ الخطوطَ بالمِسطرةِ حتّى تلتقيَ في نُقطةٍ خلفَ موقعِ المرآةِ. هذهِ النُّقطةُ هيَ الموضعُ الّذي كنتَ ترى صورةَ الدُّميةِ فيهِ. قِسِ المسافةَ بينَ خطِّ المرآةِ وموضعِ الدُّميةِ وبينَ خطِّ المرآةِ وموضعِ الصُّورةِ. ستجدُ أنّ هاتَينِ المسافتَينِ متساويتانِ – أي أنّ بُعدَ الجسمِ أمامَ المرآةِ يساوي بُعدَ الصُّورةِ خلفَها.





أشباح المسرح

إن الضوء المنعكس لا يحدث فقط في المرآة، فستحصل على مثله في سطح نحو من الزجاج، ولا بد أنك لاحظت صورتك في واجهة زجاجية أو في زجاج نافذة أو باب زجاجي ... وهذا هو سر حيلة مسرحية لإظهار الشبح على المسرح.

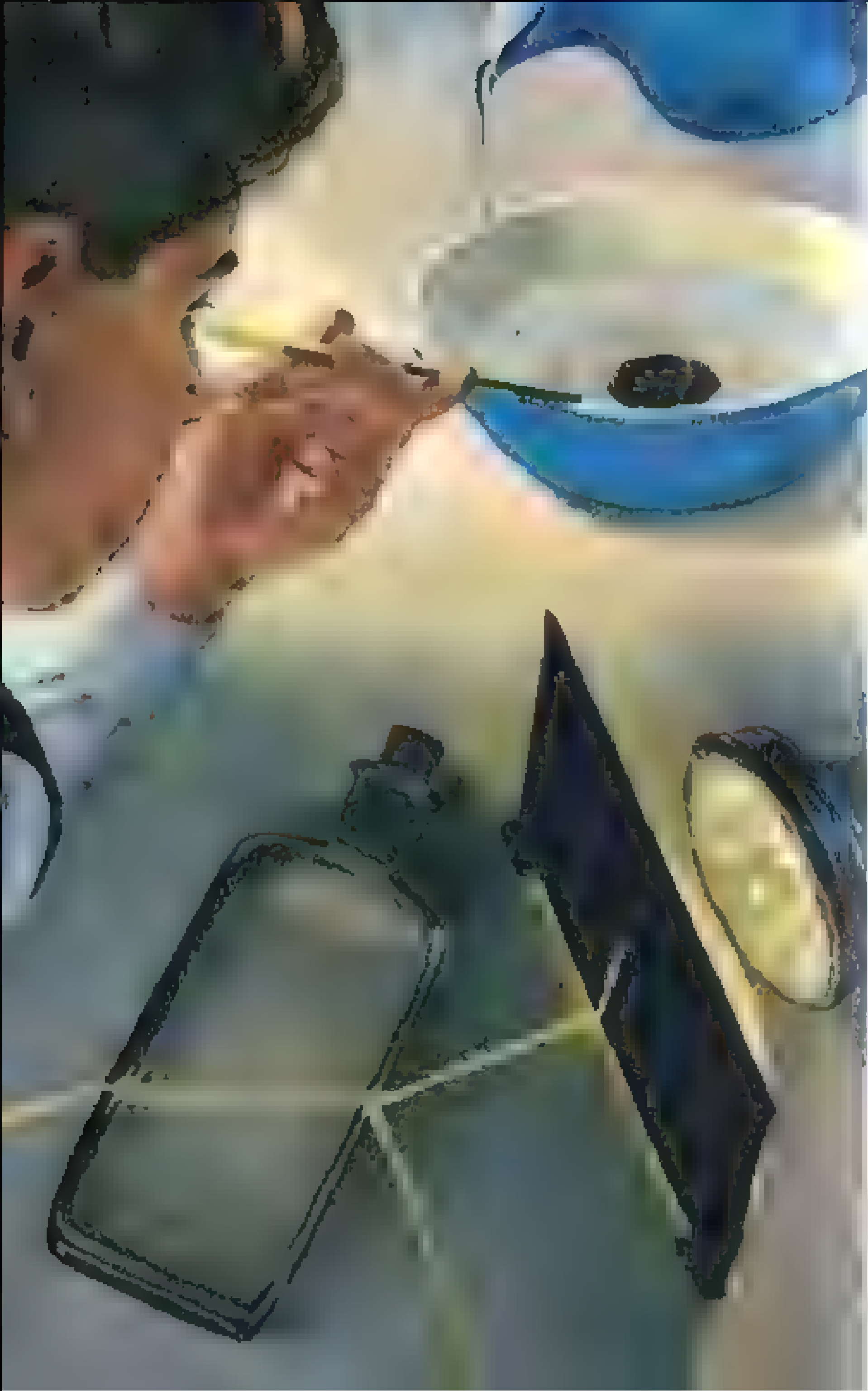
تستطيع الحصول على شبح، بسبب الشمعة مشتعلة داخل كأس مملوءة ماء بواسطة لوح من الزجاج. إن أصدقاءك سيدهشون لرؤية هذا المشهد المحير.

طريقة عرض الشبح موضحة في الصورة المقابلة وفي الشكل أدناه. في غرفة مظلمة، ضع كومة كتب خلف لوح الزجاج واخفِ خلفها شمعة مشتعلة. ثبت لوح الزجاج عموديًا على حافة بقطعتين من الصلصال، ثم حرك كأس الماء خلف لوح الزجاج حتى يبدو لهب الشمعة مشتعلًا داخلها (يحدث هذا عندما يكون بعد الكأس عن لوح الزجاج مساويًا لبعد الشمعة عنه). اجعل المشهد بخلفية سوداء، بوضع كتب سود أو نشر قطعة قماش سوداء خلف الكأس. وعتم الغرفة للحصول على أفضل النتائج.

منذ أكثر من مئة عام استخدمت هذه الحيلة على المسرح. إذ يتحرك أحد الممثلين في جانب المسرح حيث لا يراه المشاهدون، بينما يتحرك خياله (الشبح) على خشبة المسرح عبر لوح الزجاج ... إن المشاهدين من خلال لوح الزجاج يبدو لهم الشبح وكأنه حقيقة واقعة.



إن الشبح الذي يراه المشاهدون ... فهل تستطيع تفسير ذلك؟ ... ولاحظ ... تحركه حيث في ...



انحناءُ (أو انكسارُ) الضوء

لقد رأيت فيما مضى كيف يتغيّر اتجاه الشُّعاع الضوئي عندما يسقط على سطح مرآة أو على سطحٍ صقيل. لكنّ أشعّة الضوء تنحني أيضًا بشكلٍ آخر.

خذ قارورة دواءٍ مسطّحة وانزع البطاقة عنها ثمّ املأها بالماء وأضف إليه أربع قطرات من الحليب ثم سُدَّ القارورة وحرّكها. انشر صحيفة ورقٍ بيضاء على منضدة وضع القارورة فوقها على جانبها العريض. اقطع شقًّا طوليًّا في قطعة من الكرتون وثبّتها عموديّةً بحيث تعترض ضوء مصباح جيبٍ كهربائي، مُلقًى على المنضدة، ويمرّ عبرها شعاعٌ ضوئيّ رفيعٌ فقط. غيّر زاويته ووجّه الشُّعاع الضوئي ليسقط على جانب القارورة الصغير. سوف ترى الشُّعاع الضوئيّ بصفاء ولاحظ انكساره (وتغيّر اتجاهه) عندما يدخلُ القارورةَ. (لاحظ أنّ بعض الضوء ينعكس مرتدًّا عن زجاج القارورة).

إنّ ظاهرة انكسار الضوء تفسّر سرّ ظهور قطعة النقد في التجربة التالية: ضع قطعة نقدٍ معدنيّة في قعر طاسةٍ فارغة على المنضدة. انظر إلى قطعة النقد من فوق مسطرةٍ مثبّتة بيدك وطرفُ المسطرة البعيد مرتكزٌ على حافة الطاسة. عندما ترى قطعة النقد في هذا الوضع اخفض رأسك ببطء إلى أن تبلغ نقطةً تختفي فيها قطعة النقد. حافظ على وضعك هذا بينما يصبُّ رفيقك ماءً في الطاسة (دون تحريك قطعة النقد). وستلاحظ أنّ القطعة تعود تظهر تدريجيًّا وتعود إلى مجال رؤيتك. وهذا يعني أنّ الضوء الوارد من قطعة النقد قد انحنى في مساره إلى عينيك.



إنّ أشعّة الضوء الواردة من جسمٍ مغمورٍ في الماء تنكسرُ عند مغادرتها سطحه، وقد يجعل الأمر يبدو أقلّ عمقًا ممّا هو حقيقةً. كذلك فإنّ قلم الرصاص المغمور إلى منتصفه في كأس ماءٍ يبدو مكسورًا. ويمكنك التأكّد من ذلك بالتجربة.



العدسات

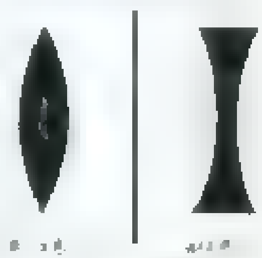
املأ مرطبانًا زجاجيًا صغيرًا بالماء وعكّر ماءه بإضافة بضع نقاط من الحليب، ثم ضعه فوق صفحة ورق كبيرة على منضدة. اقطع شقين عموديين في قطعة كرتون واعترض بها ضوء مصباح كهربائي لتحصل على شعاعين متوازيين، ولاحظ مساري الشعاعين عندما يمرّان في المرطبان. إن الشعاعين ينكسران ويتجهان نحو نقطة في الجانب الآخر من المرطبان. لقد عمل المرطبان المملوء بالماء كعدسة مائية جعلت أشعة الضوء تتجمع أو تتلاقى. وتنكسر أشعة الضوء بالطريقة نفسها عندما تمرّ في عدسة زجاجية.

تستخدم العدسات الزجاجية بأشكال مختلفة في مجالات الحياة اليومية، فمن ذلك استعمالها في النظارات والكاميرات وعدسات التكبير والتلسكوبات (المراقب) والميكروسكوبات (المجاهر) ومناظير الميدان. (حاول أن تذكر استعمالات أخرى).

هنالك نوعان من العدسات – نوع تكون فيه العدسة أثخن في الوسط منها في الطرف وندعوها العدسة المحدّبة كالمرصد أو عدسة التكبير، ونوع تكون فيه العدسة أثخن في الطرف منها في الوسط وندعوها العدسة المقعّرة.

ستحتاج إلى بعض العدسات في التجارب القادمة، ولعلّ لديك عدسة مكبّرة أو عدسات مستديرة من نظارات قديمة يجدها لك والداك ويساعدانك في نزعها من أطرها. وقد تجد في مصباح جيب كهربائي عدسة تفيد منها في تجاربك.

مقطع جانبي لنوعي العدسات



عدسة محدّبة

عدسة مقعّرة



العدساتُ الحارقةُ (المحدَّبةُ) والنظارات

يمكنُ تركيزُ أشعةِ الشمسِ في نقطةٍ (بؤرةٍ) بواسطةِ عدسةٍ محدَّبةٍ فنحصلُ على نقطةٍ ضوئيةٍ ساطعةٍ. هذه النقطةُ هي في الحقيقةِ صورةُ الشمسِ. وفي هذه البؤرةِ أيضاً تتركَّزُ الأشعةُ الحراريةُ من الشمسِ. فباستخدامِ عدسةٍ محدَّبةٍ يمكنكَ في يومٍ مشمسٍ ، تركيزُ ما يكفي من الحرارةِ في بؤرةِ (أو محرقِ) العدسةِ لسفعِ سطحِ ورقةٍ وحرقِها. وبإمكانكَ أن تشعلَ نارَ المخيّمِ في الخلاءِ بطريقةٍ مماثلةٍ. وهذا ما يفسّرُ لماذا تسمَّى العدساتُ المحدَّبةُ بالعدساتِ المحرقةِ.

تعملُ الفقاعةُ الزجاجيةُ الكرويةُ كعدسةٍ محدَّبةٍ (كما رأينا صفحة ٦) ولذا فإنها قد تتسبّبُ أحياناً في إحراقِ الأشياءِ. فإذا كانت الفقاعةُ على عتبةِ النافذةِ في مواجهةِ شمسِ الصيفِ الحادةِ وركَّزتِ الفقاعةُ أشعةَ الشمسِ في بؤرةٍ على ستارةِ النافذةِ ، فإنَّ حريقاً سينشبُ في البيتِ. لذلك على الناسِ الذين يربُّونَ الأسماكَ في مثلِ هذه الفقاعاتِ والأحواضِ ألّا يضعوها في مكانٍ تتعرَّضُ فيه لنورِ الشمسِ مباشرةً.

واستخدامُ العدساتِ في النظاراتِ أمرٌ مألوفٌ. فالعينُ تحوي عدسةً خاصةً (انظر الشكلَ صفحة ٦) تساعدُ في تكوينِ الصورةِ على الشبكيةِ. ولكن يحدثُ أحياناً ، ولأسبابٍ مختلفةٍ ، أنَّ الصورَ في العينِ لا تتكوَّنُ على الشبكيةِ ، فلا يراها الشخصُ بوضوحٍ. حينما يفحصُ طبيبُ العيونِ ذلك الشخصَ يصفُ له العدسةَ أو العدساتِ اللازمةَ لتصحيحِ بصرِه ، وتركَّبُ العدساتُ في إطارِ النظارةِ.



تختلفُ عدساتُ كلِّ نظارةٍ عن الأخرى عادةً. بل إنَّ عدستَي النظارةِ الواحدةِ مختلفتانِ غالباً. وقد تتألفُ العدسةُ الواحدةُ في النظارةِ من عدستينِ إحداهما لرؤيةِ القريبِ (والقراءةِ) والأخرى لرؤيةِ البعيدِ ، وتسمَّى مثلُ هذه العدسةِ بذاتِ البؤرتينِ. إنَّ صنعَ العدساتِ حرفةٌ تتطلّبُ دقةً ومهارةً !



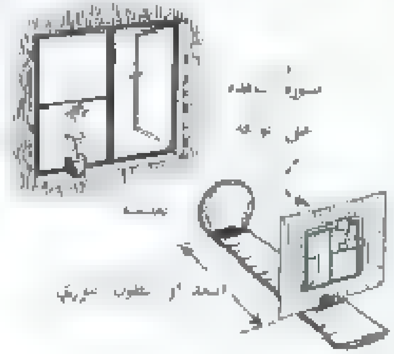
العدساتُ الثخينةُ والرّفيعة

سنقتصِرُ على استخدام العدساتِ المحدّبةِ في تجاربنا في هذا الكتاب. هذه العدساتُ هي، كما ذكرنا سابقًا، أثخنُ في الوسط منها في الأطراف، وهي قد تكونُ ثخينةً جدًّا أو رفيعةً. وفي استعمالِ العدساتِ لا بدّ لك من معرفةِ أمرٍ مهمّ يسمّى البُعدَ البؤريّ.

لقياسِ البعدِ البؤريّ للعدسةِ ثبّتها قائمةً على نقطةِ الصفرِ من مسطرةٍ وصوّبها نحو نافذةٍ أو مصباحٍ كهربائيّ في جانبِ غرفةٍ بعيد، كما في الشكلِ أدناه. أمسِكْ ورقةً بيضاءَ خلفَ العدسةِ وحرّكها على طولِ المسطرةِ ذهابًا وإيابًا فتسقطُ عليها صورةٌ محدّدةُ المعالمِ للنافذةِ أو الضوء. في النقطةِ التي تكونُ فيها الصورةُ أوضحَ ما يكون، اقرأ القياسَ على المسطرةِ وسجّله.

إنّ المسافةَ بين العدسةِ والورقةِ هي البعدُ البؤريّ للعدسة. والعدساتُ الثخينةُ تكونُ ذاتَ بعدٍ بؤريّ قصيرٍ بينما تتميّزُ العدساتُ الرفيعةُ ببعدٍ بؤريّ أطول. قِسِ البعدَ البؤريّ لما يتوافرُ لديك من عدساتٍ وسجّلِ البعدَ البؤريّ لكلٍّ منها على ورقةٍ صغيرةٍ تلصقُها إلى طرفِ العدسة.

بعدَ معرفةِ البعدِ البؤريّ للعدسةِ يمكنُك صنعُ جهازِ إسقاطٍ بسيطٍ به لعرضِ صورةِ شريحةِ فيلمٍ فوتوغرافيّ على الجدار. غطِّ مقدّمةَ مصباحِ الجيبِ الكهربائيّ بورقٍ رقيقٍ والصقْ فوقَ الورقةِ شريحةَ الفيلمِ المرادِ عرضُها مقلوبةً. غطِّ باقي الورقةِ بشريطٍ لاصقٍ غيرِ شفّافٍ بحيثُ يمرُّ الضوءُ عبرَ شريحةِ الفيلمِ فقط. عتّمِ الغرفةَ وأمسِكِ العدسةَ أمامَ المصباحِ على بعدٍ يساوي مرّةً ونصفَ مرّةِ البعدِ البؤريّ. حينما تكونُ العدسةُ في الوضعِ الصحيحِ ستحصلُ على صورةٍ مكبّرةٍ لشريحةِ الفيلمِ منعكسةٍ على الجدار. وإذا كنتَ قد ألصقتَ شريحةَ الفيلمِ قائمةً على مقدّمةِ المصباحِ فإنّ الصورةَ على الجدارِ ستكونُ مقلوبةً، وهذا ما يوضحُ أهميةَ وضعِ الفيلمِ مقلوبًا في جهازِ الإسقاط.





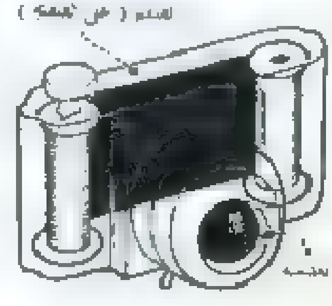
كيف تصنع كاميرا دمية

الخطوة الأولى في صنع الكاميرا الدمية هي إيجاد البعد البؤري للعدسة التي ستستخدمها. ضع العدسة قائمة على طرف مسطرة كما فعلت في التجربة السابقة ثم شمعة مشتعلة على المنضدة وصوّب العدسة نحوها عن بعد يساوي مترًا وضع المسطرة. حرّك بطاقة بيضاء أمامًا وخلفًا على طول المسطرة حتى تحصل على صورة صغيرة واضحة للشمعة.

إنّ المسافة بين الصورة والعدسة هي البعد البؤري للعدسة. يمكنك تركيب العدسة على نموذج الكاميرا ذات الثقب (التي صنعتها صفحة ١٠) بين أنبوبين متداخلين. شرط أن يمكن تزليق الأنبوبين بعضهما داخل بعض إلى مدى يزيد قليلًا عن البعد البؤري للعدسة.

يجب أن تزيّق العلبتان (أو تطلى وعصؤها الغميق) دون التماع للضوء المنعكس عن سطحها. وقد يجد من الأنسب استخدام أنبوبين كرتونيين وهي القنطريين بدلًا من العلبتين. اقطع قعر أحد الأنبوبين والصق مكانه غطاء من الورق الرقيق الشفاف. ثم اقطع قعر الأنبوب الآخر المقابل واجعل في منتصفه ثقبًا قطره حوالى السنتيمتر وألصق العدسة فوق الثقب بحلقة من البلاستيسين أو بالشريط اللاصق. اضبط تركيز الكاميرا بتزليق الأنبوبين (أو العلبتين) إلى الداخل أو الخارج حتى تحصل على صورة واضحة للجسم لدى توجيه الكاميرا نحوه. إن الصورة، طبعًا، ستكون مقلوبة رأسًا على عقب.

في الكاميرا الحقيقية يأخذ الفيلم مكان الورق الرقيق الشفاف ويكون مغطى بمادة كيماوية حساسة للضوء. إذا أطلق في مقدمة عدسة الكاميرا مصراع فقط بالقدر الكافي من اللحظات لإدخال الضوء اللازم للتأثير في مادة الفيلم الكيماوية وتثبيت الصورة، وبذلك تصبح شريحة الفيلم والصورة المرتسمة عليها مثبتة للصورة الهادئة.



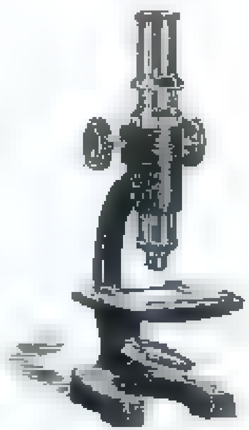


كيف تصنع مجهرا (ميكروسكوبا)

رأينا فيما سبق أنه يمكن استخدام العدسة المحدبة لإسقاط صورة مكبرة على الجدار أو صورة مصغرة على فيلم الكاميرا . كذلك يمكن استخدامها كعدسة مكبرة . أمسك العدسة قريبا جدا من الجسم المراد فحصه وعلى بعد مناسب من عينيك ، ثم حرك العدسة باتجاه الجسم حتى تحصل على صورة مكبرة للجسم . إن العدسة المكبرة أداة مفيدة لتفحص الطوابع والحشرات الصغيرة وصغار الكائنات في مياه البرك والكثير من الأشياء الدقيقة الحجم التي تهمنا .

أما لمشاهدة الأشياء الدقيقة جدا فنحتاج إلى مجهر (ميكروسكوب) . وهو يتألف من عدستين ويكبر على مرحلتين . فالعدسة الشيئية القريبة من الجسم تكون له صورة مكبرة ، ثم تكبر هذه الصورة مرة ثانية بواسطة العدسة الأخرى القريبة من العين (وتعرف بالعينية) .

إذا كان لديك عدستان محدبتان إحداهما ذات بعد بؤري قصير (من ٤ إلى ٦ سنتيمترات) والأخرى ذات بعد بؤري طويل (من ١٠ إلى ١٢ سنتيمترا) فيمكنك استخدامهما لصنع مجهر . ثبت العدستين على مسطرة بالبلاستيسين بحيث تكون المسافة بينهما مساوية لضعف البعد البؤري للعدسة الشيئية زائدا البعد البؤري للعدسة الرافعة . مثلا إذا كان البعد البؤري للعدسة الشيئية ٤ سنتيمترات والرافعة ١٠ سنتيمترات فاجعل المسافة بينهما (٢×٤) + ١٠ أي ١٨ سنتيمترا .



استخدم المجهر لفحص جسم دقيق جاعلا العدسة الرئيسة (العينية) قريبا من عينك ، وقد تحتاج إلى تعديل وضع العدستين قليلا . إن المجهر الحقيقي يمكنك من رؤية أشياء لا ترى بالعين المجردة ويكبرها حوالي ثلاثمائة مرة .



كيف تصنع مِرقبًا (تِلِسكوبًا)

نستخدم المجهر لفحص الأجسام القريبة وتبيّن أجزائها الدقيقة. أما لرؤية الأجسام البعيدة فنستخدم المِرقب (التلسكوب). وللتلسكوبات نوعان: الأول يريك الأجسام قائمة كما هي تمامًا ومعتدلة، والثاني يري الأجسام بشكل مقلوب لاختلاف بسيط في تركيبه. والتلسكوب الذي سنصنعه هو من النوع الثاني الذي يريك الأجسام مقلوبة رأسًا على عقب.

يمكنك استخدام العدستين اللتين استعملتهما لصنع الميكروسكوب. لكن العدسة الضخمة هنا تصبح عينية التلسكوب وتصبح الأخرى ذات البعد البؤري الأطول العدسة الشيئية فيه. ثبّت العدستين على المسطرة على بعد يساوي مجموع بعديهما البؤريين. انظر (من خلال العدسة العينية الضخمة) إلى جسم بعيد واضبط وضع العدسة الرفيعة (الشيئية) في الجانب الأبعد من المسطرة حتى يلائم عينيك.

منذ أن اخترع الميكروسكوب والتلسكوب منذ حوالي الثلاثمائة عام تحققت اكتشافات في غاية الأهمية. فاستطاع الأطباء بمجاهرهم القوية رؤية الكائنات الدقيقة المُمرضة واكتشفوا كيف يحاربونها، وكذلك يفيد العلماء كثيرًا من الميكروسكوب في بحوثهم وتجاربهم. أما التلسكوبات الحديثة بعيدة المدى فقد مكّنت الفلكيين من توسيع آفاق معرفتهم عن الفضاء الكوني الشاسع.





المرايا المقوسة

لقد أجرينا بعض التجارب على المرايا المسطحة (المستوية)، فهيا بنا نكتشف بعض خصائص المرايا المقوسة. إنك تجد في ملعقة مصقولة أسهل مثال على هذه المرايا. فالسطح الداخلي المجوف للملعقة هو عاكس مقعر بينما سطحها الخارجي هو عاكس محدب. انظر إلى خيالك المنعكس عن السطح الداخلي لملعقة كبيرة للطعام مقربًا الملعقة قريبًا من وجهك ثم مبعدًا إياها. أعد التجربة مستخدمًا السطح الخارجي للملعقة. ماذا تلاحظ في الحالتين؟

حين نظرت في مرآة السطح الداخلي للملعقة ظهرت صورة وجهك مكبرة عندما كانت الملعقة قريبة، وعندما بعدتها بدت الصورة مصغرة ومقلوبة رأسًا على عقب. لكنك حين نظرت في مرآة السطح الخلفي للملعقة بدت الصورة دائمًا قائمة ومصغرة. لذا نستخدم المرايا المحدبة لإعطاء صورة إجمالية للأشياء الواقعة في مجالها كما في المرآة الجانبية في السيارة حيث تعكس للسائق منظر الطريق خلفه.

إذا كان والدك يستخدم مرآة حلاقة مقعرة فاستعرها للتجربة التالية. وجهها نحو الشمس وتلق الأشعة المنعكسة على بطاقة بيضاء أمامها. وحيث تتجمع الأشعة في نقطة ساطعة، فهنالك بؤرة المرآة. وبعدها هو البعد البؤري للمرآة.

بعد ذلك ركز المرآة قائمة على منضدة في غرفة معتمة، ثم ضع أمامها وفي موقع البؤرة منها شمعة مشتعلة. حرك الشمعة قليلًا أمامًا وخلفًا حتى تحصل على بقعة ضوء ساطعة على الجدار. إنك بذلك قد صنعت نموذجًا بضوء كشاف عادي. فالكشاف يتألف من عاكس مقعر يعكس نورًا في موقع البؤرة منه فيرسل حزمة ضوئية ضيقة (متوازية الأشعة تقريبًا) نحو هدفه. وفي المعارض تنصب مختلف المرايا المقعرة والمحدبة فنشاهد فيها كثيرًا من الخيالات المشوهة المضحكة.



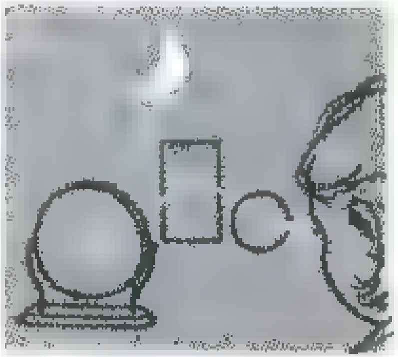


رصد القمر

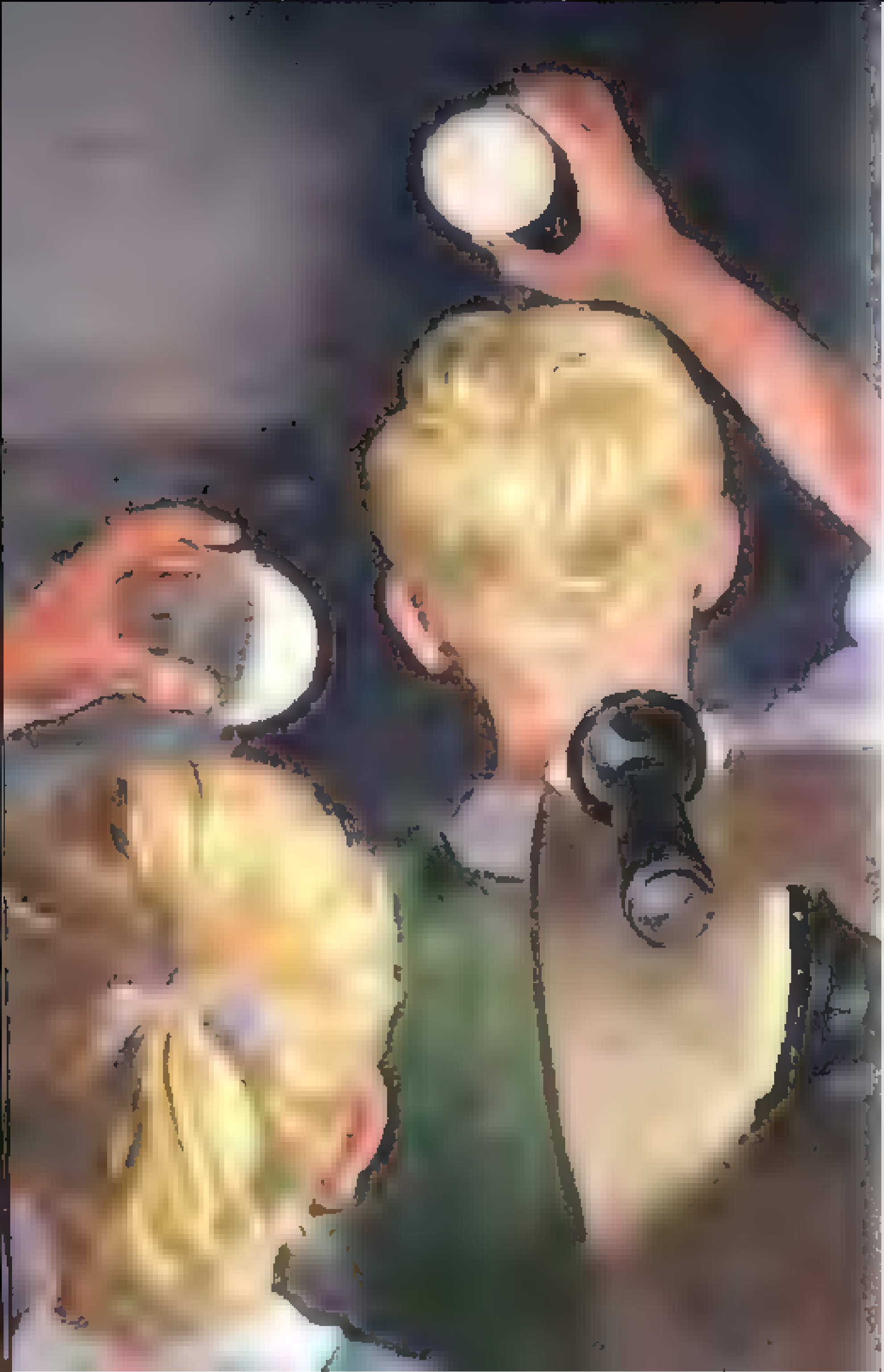
منذ أكثر من ثلاثمائة سنة استخدم العالم إسحق نيوتن مرآة مقعرة بدلاً من العدسة في التلسكوب فصنع أول تلسكوب عاكس. ومنذ ذلك الوقت والفلكيون يستخدمون التلسكوبات العاكسة لرصد النجوم. وأكبر هذه التلسكوبات العاكسة في العالم هو التلسكوب الموجود في ... ويبلغ قطر مرآته العاكسة ٢٥٤ سنتمتراً (١٠٠ بوصة) بينما كان قطر المرآة العاكسة في تلسكوب نيوتن عشرة سنتمترات فقط. أما التلسكوب الراديوي الشهير في جودريل بانك بإنكلترا فهو مثل صحن معدني ضخم (قطره ٧٦ متراً) يلتقط الأمواج الراديوية بدلاً من الأمواج الضوئية.

يمكنك صنع تلسكوب عاكس بسيط من مرآة حلاقة مقعرة وعدسة مكبرة ومرآة صغيرة مسطحة. اختر ليلة يكون فيها القمر صافياً. ثبت المرآة المقعرة على عتبة النافذة (أو على صندوق في الحديقة) ووجّهها نحو القمر.

أمسك المرآة المسطحة (المستوية) بحيث ترى فيها صورة المرآة المقعرة وفيها خيال القمر. ثم انظر إلى خيال القمر المنعكس عن هذه المستوية بالعدسة المكبرة فتحصل بذلك على صورة مكبرة للقمر. وبهذه الطريقة تعمل كل التلسكوبات العاكسة.



إذا استطعت الحصول على منظار مناسب ذي عدستين فبإمكانك رصد القمر به. وأفضل وقت لرصد القمر هو حين يكون نصف بدر (أي في الربع الأول أو الأخير) حيث تستطيع مشاهدة وهدات ... تشبه فوهات البراكين وسلاسل ... التي يكشفها التلسكوب ... على بعد يزيد على ٣٨٤ ألف كيلومتر !



كثيرًا ما نتحدث عن ضوء القمر . فما حقيقة هذا الضوء ؟ الواقع أن القمر جرم غير منير بذاته ، وضوؤه إنما هو انعكاس أو ارتداد لضوء الشمس الساقط على سطحه . فالذي ندعوه ضوء القمر هو في الحقيقة بعض هذا الضوء المنعكس عن القمر والواصل إلى الأرض .

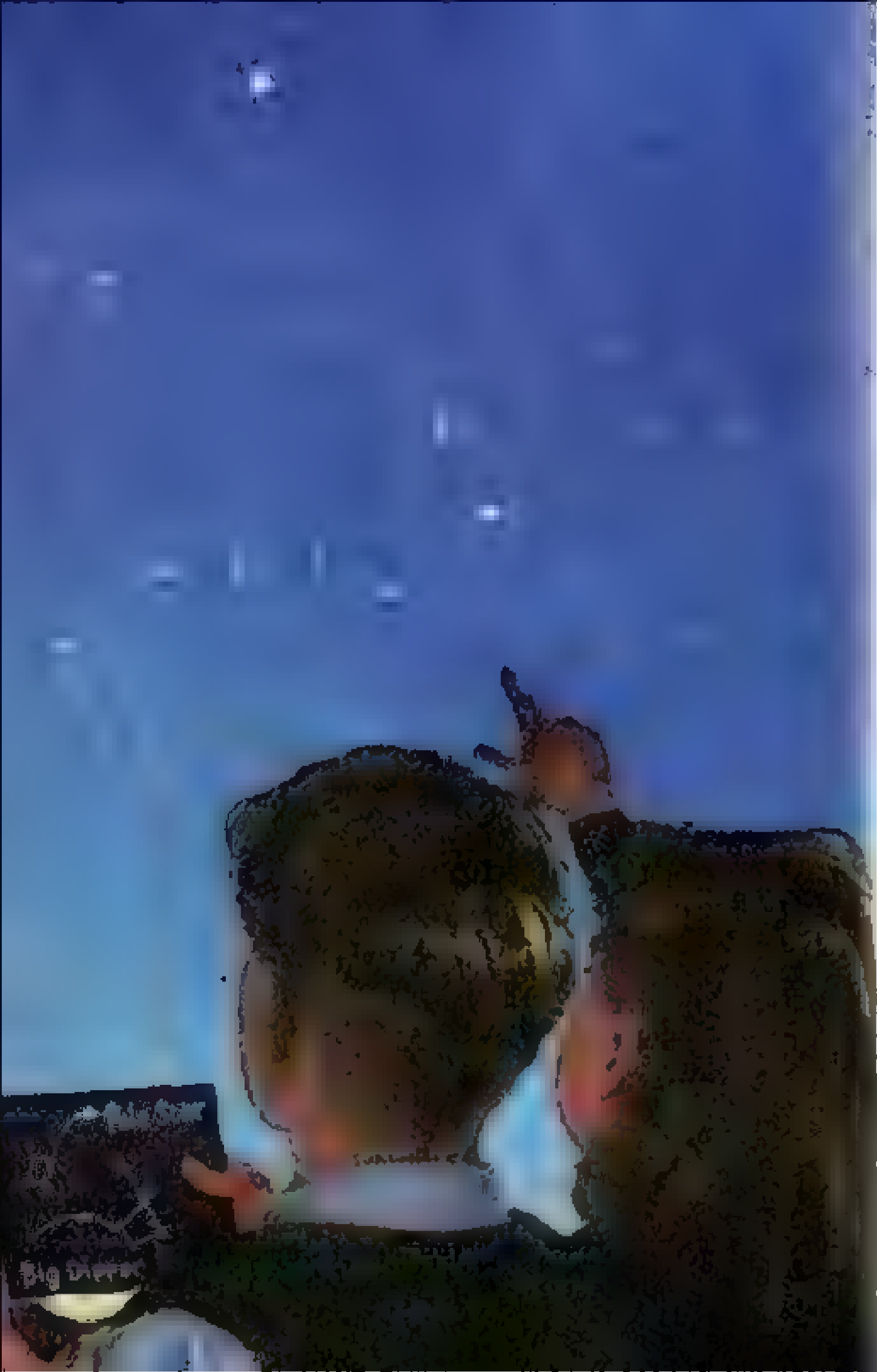
إن التغير الظاهر في شكل القمر ، وهو ما نعرفه بالتكلم بأوجه القمر ، يعود إلى دورته المستمرة والمنتظمة حول الأرض . يمكنك تمثيل كيفية حدوث أوجه القمر بتجربة بسيطة مستخدمًا طابة مضرب (كرة تنس) ومصباح جيب كهربائيًا .

قف في غرفة مظلمة وظهرك مواجه للمصباح الكشاف الموجه نحو رأسك . أمسك طابة التنس أمامك في وضع أعلى من رأسك قليلًا بحيث تواجه الطابة نور المصباح ولاحظ الجزء المضاء منها . في هذه التجربة يمثل المصباح الشمس ورأسك يمثل الأرض والطابة القمر .

ستلاحظ أن نصف الطابة المواجه لك مضاء تمامًا – هذا يمثل القمر بدرًا . در ربع دورة متخذًا وضعًا شبيهًا بوضع الفتاة (المشار إليها) في الصورة المقابلة لوجهة حيث المصباح ولاحظ أنك ترى حاليًا نصف فقط من نصف الطابة المضاء . هذا يمثل نصف بدر (أي قمرًا في التربيع الأول أو الأخير) . الآن در ربع دورة آخر بحيث تواجه المصباح . إن جانب الطابة الذي تراه هو النصف المظلم . هذا يمثل المحاق حين لا يُرى القمر من الأرض .



إن دورة كاملة في هذه التجربة تريك كل التغيرات الظاهرة في شكل القمر (أوجه القمر) والتي تستغرق شهرًا قمريًا كاملًا (مدته ٢٩،٥٣ يومًا)



النجوم

إن ما نعجب به من النجوم إلى مجموعة الشمس، وهي حجم نسبي أصغر لأنه نجم صغير، وتبعد الشمس عن مسافة ١٥٠ مليون كيلومتر (أي حوالي ٤٠٠ مرة أكثر من بعد القمر عن الأرض)، ويقطع ضوؤها هذه المسافة في ثماني دقائق وعشرين ثانية ... (تقطع مسافة ٣٠٠ ألف كيلومتر في الثانية).

والشمس هي أقرب النجوم إلينا، أما أبعد الشعاع تأتي من شمس من حيث قربه من الأرض فهو المجرة ... ويستغرق ضوءه من هذا النجم أربع سنوات ليصل إلى الأرض ... مع العلم أن سرعة الضوء هي ٣٠٠ ألف كيلومتر في الثانية الواحدة!

والسنة الضوئية هي من المسافة ... لا ... الأرض من ... والسنة الضوئية هي مسافة التي يقطعها الضوء في سنة كاملة، وهذه المسافة هي حوالي ٩٤٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ كيلومتر (ويمكن كتابة هذا العدد ٩٤×١٠¹¹).

وتكون النجوم التي نراها ... على ملايين السنين الضوئية ... مكونة أشكالاً، وبعض هذه المجموعات النجمية التي تشكلها الكواكب كوكبات ... مشهورة ... ومن الممتع أن نتعرف على هذه المجموعات ... الكوكبات على شكل ... احصل على خريطة نجوم أو صور الكوكبات من كتاب واستعملها للتعليم على ورقة ... فوق ... (أو ...) والصق ملصقات النجوم على ... ثقب ... وكتب اسم الكوكبة على ...

في ليلة صافية ... فوق مصباح ... النجوم ... في تحديد موقع الكوكبات الحقيقية في القبة السماوية.



يستطيعُ الجيولوجيُّ دراسةَ تركيبِ الأرضِ بقطعِ شقفٍ من الصخرِ وفحصِها في مختبرِه . لكنَّ الفلكيَّ لا تتوافرُ لديهِ عناصرُ درسِ النجومِ بهذهِ السُّهولة . وكُلُّ ما يأمَلُ في معرفتِه عن نجمٍ معيَّنٍ يقتصِرُ على ما يستطيعُ استنتاجَهُ من دراسةِ الضوءِ الصادرِ عن ذلك النجم .

ولمّا كانَ الضوءُ الصادرُ عن النجمِ خافتًا توجَّبَ جمعُ أقصى كمّيةٍ ممكنةٍ من ضوئِه لدراستِها ، وهذا ما يجعلُ بناءَ التلسكوباتِ العاكسةِ الضخمةِ ضروريًّا لمثلِ هذه الدراسات . ففي التلسكوبِ العاكسِ في مرصدِ بالومار مثلاً يمرُّ الضوءُ في مرآةِ المرقبِ العاكسةِ (التي قُطرُها ٢٥٤ سنتيمترًا) خلالَ جهازٍ خاصٍّ يُعرَفُ بالمطياف (السبكتروسكوب) ، وهذا يُحلِّلُ ضوءَ النجمِ إلى ألوانِه المختلفةِ أي إلى طيفِه اللونيّ . ويستطيعُ الفلكيُّ اكتشافَ الموادِّ التي يتركّبُ منها نجمٌ معيّنٌ بدراسةِ الطيفِ الصادرِ عن ذلك النجم

بإمكانِك تحليلُ ضوءِ الشمسِ إلى طيفِه اللونيّ بطريقةٍ بسيطةٍ . املأْ صحنًا بالماءِ إلى ارتفاعِ حوالَى ٣ سنتيمترات وعرِّضْهُ لضوءِ الشمسِ الساطعِ . أسنِدْ مرآةً صغيرةً في جانبِ الطبقِ بحيثُ ينغمرُ طرفُها وهي مائلةٌ في الماء . إنَّ حزمةً من الضوءِ تمرُّ في الماءِ وتنعكسُ عن سطحِ المرآةِ ثمَّ تنطلقُ إلى خارجِ الماءِ ثانيةً فتتحلّلُ إلى طيفِها اللونيّ لكي تتمكّنَ بإسقاطِه على الجدارِ أو السقفِ أو على قطعةِ ورقٍ بيضاء

ويتكوّنُ الطيفُ أيضًا عندما يسقطُ الضوءُ على موشورٍ زجاجيٍّ أو على زجاجٍ مقطوعٍ أو على جوانبِ الحربا أو على نقطِ المطر . والطيفُ الناتجُ عن انحلالِ الضوءِ بواسطةِ نقاطِ المطرِ هو قوسُ قزحَ المألوف



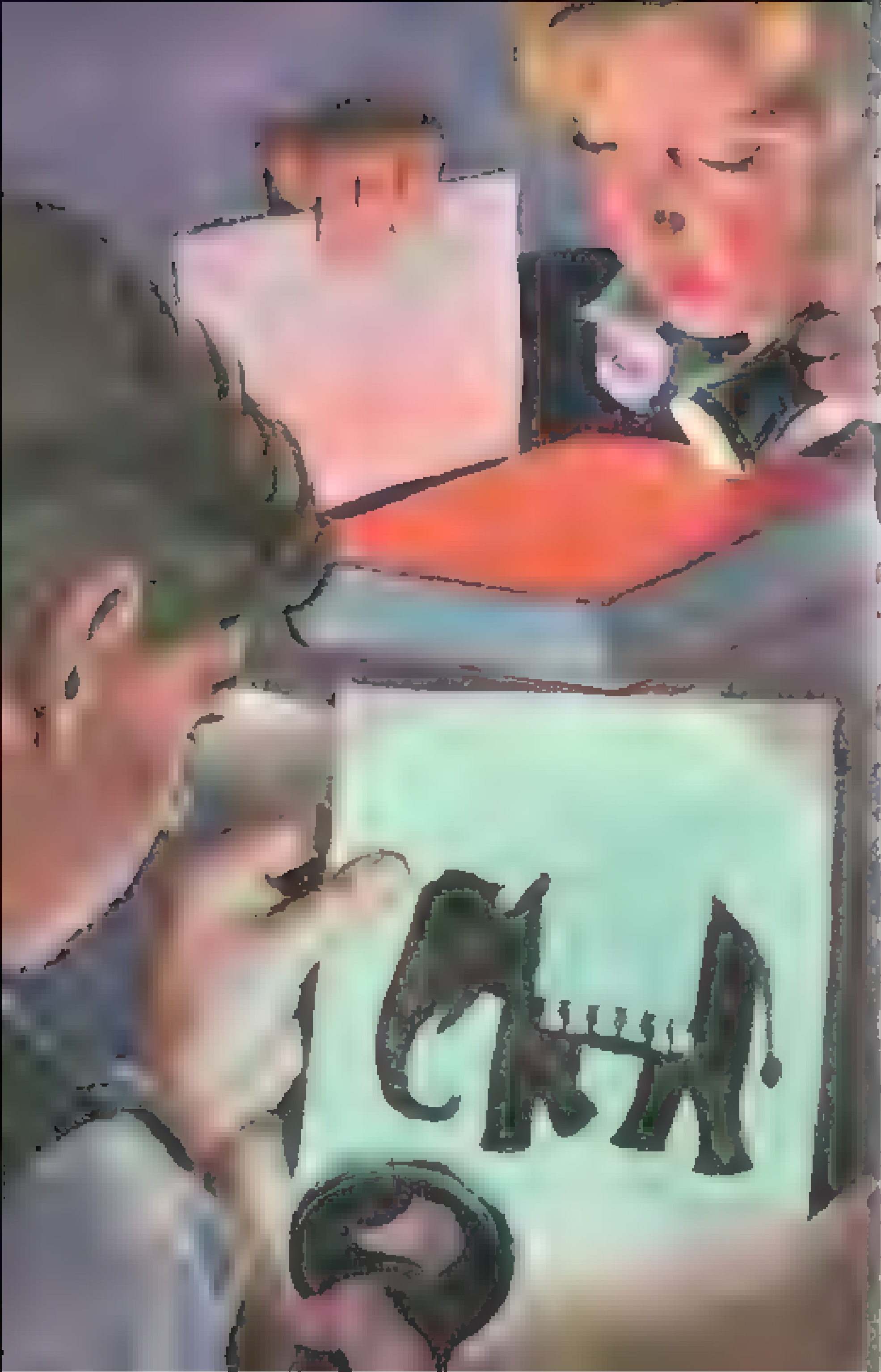
الطيف اللوني

في التجربة السابقة حصلت على طيف لوني بتحليل حزمة من ضوء الشمس. لقد تحلل ضوء الشمس «الأبيض» إلى مكوناته اللونية أي إلى طيفه اللوني بالترتيب التالي: الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق، النيلي والبنفسجي. وقد لاحظت طبعًا اندماج الألوان التدريجي بين كل لون وآخر.

إن تحليل الضوء الأبيض إلى ألوان الطيف هو من اكتشافات العالم إسحق نيوتن. لقد عرف نيوتن أن الضوء الأبيض هو مزيج من الألوان لا لون واحد. وقد برهن بتجارب عديدة أنه بمزج ألوان الطيف يمكن استعادة الضوء الأبيض ثانية. وباستطاعتك أنت أن تبرهن ذلك أيضًا باستخدام ما يعرف بقرص نيوتن.

قص دائرة من الورق المقوى قطرها حوالى ١٥ سنتيمترًا وقسّمها إلى سبعة قطاعات. قم بتلوين القطاعات بألوان الطيف بالترتيب الوارد أعلاه. ألصق القرص على بكرة خيوط فارغة واجعل له محورًا يدور عليه بغرز قلم رصاص في ثقبها عبر مركز القرص. دوّم البكرة بأقصى سرعة تستطيعها وستلاحظ امتزاج الألوان معًا بحيث يبدو القرص ذا لون أبيض. في الواقع غالبًا ما يبدو القرص رماديًا لا أبيض لأن ألوان الطلاء في علبة التلوين ليست في نقاوة ألوان الطيف الحقيقية.





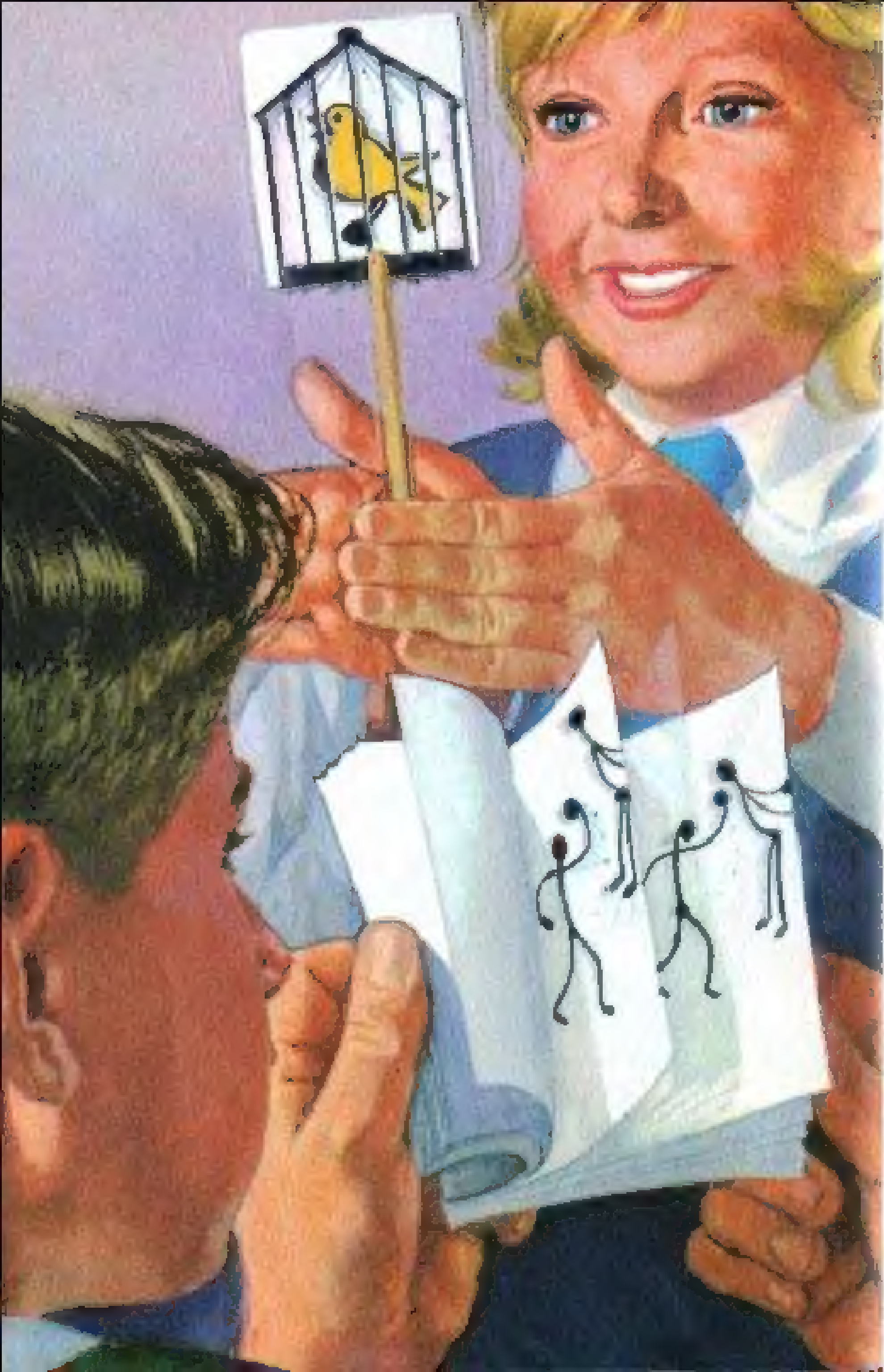
لماذا تبدو ورقة النبات خضراء والفستان الأحمر أحمرَ والسيارة الزرقاء زرقاء؟ قد يبدو لك هذا سؤالاً سخيفاً، ولكن العالِمَ كثيراً ما يسألُ مثلَ هذه الأسئلة التي تبدو من الوضوح بحيث لا تحتاجُ إلى سؤال. سلّط نورَ مصباحٍ جيبيٍ كهربائيٍّ على غلافِ كتابٍ أحمرَ وتلقَّ الضوءَ المنعكسَ عن الكتابِ على ورقةٍ بيضاء، ولاحظ الأحمرَ الذي يلوّن الورقةَ الآن. لماذا تغيّرَ لونُ الورقة؟

إن ضوءَ المصباح المسلّط على الكتاب يتألفُ من ألوانِ الطيفِ كلّها، لكنَّ اللونَ الأحمرَ فقط هو الذي انعكسَ عن غلافِ الكتاب. لقد امتصَّ غلافُ الكتابِ الأحمرُ الألوانَ الطيفيةَ الأخرى. وللسببِ نفسِه تبدو ورقةُ النباتِ خضراء لأنها تمتصُّ كلَّ ألوانِ الطيفِ عدا اللونَ الأخضرَ الذي تعكسُه.

وهناك تجربةٌ ممتعةٌ تبيّن لك هذه الظاهرةَ بوضوح. ارسمْ فيلاً (كالذي في الصورة المقابلة) على ورقةٍ بيضاء، وارسمْ فوقه بالطبشور الملوّن الأحمرِ هودجاً وخيّالاً (سائق الفيل) دون أن تغيّر حدودهما ثمّ اعرضْ ذلك الفيل بهودجه وخيّاله الأحمر لضوءٍ منبعثٍ من مصباحِ الكشّافِ مغطّى بغطاءٍ أخضرَ شفيفٍ وسلّطْه على الصورة في غرفةٍ مظلمة.

لاحظْ أنك ترى الفيلَ بوضوحٍ ولكنَّ الهودجَ والخيّالَ يكادان يختفيان تماماً والسببُ في ذلك أنَّ الخلفيةَ البيضاءَ للصورةِ وحدودَي الهودجِ والخيّالِ تعكسُ كلُّها اللونَ الأخضرَ فتبدو جميعُها خضراءَ مندمجةَ اللون. أعِدِ التجربةَ بعدَ أن تستبدلَ بغطاءِ مصباحِك الأخضرِ الشفيفِ غطاءً أحمرَ شفيفاً.





هل سبق لك صنع صور متحركة خفاقة؟ كل ما يلزمك لذلك دزينة من البطاقات الرقيقة أو دفتر مذكرات قديم. ارسم بالخطوط شبح رجل، يداه إلى جانبيه. علّم بثقب دبوس وضع الرأس والرجلين على البطاقات (أو أوراق الدفتر) ليبقى مكان الشبح وحجمه ثابتين في الرسوم التالية. أعد رسم الشبح الخطي رافعا ذراعيه قليلا، وكرر الرسم رافعا يدي الشبح أكثر فأكثر ثم خافضا إياهما تدريجيا في الرسوم التالية. قلّب البطاقات أو الصفحات سريعا بين يديك (كما في الشكل) ولاحظ كيف تبدو لك الرسوم شبحا متحركا!.

لمعرفة السبب في رؤية الرسوم متحركة نذكر بما جاء في صفحة ٢٤ من هذا الكتاب عن تكوّن الصور المرئية على شبكية العين. إن هذه الصور لا تزول عن الشبكية فورا بل يبقى تأثيرها العصبي جزءا من الثانية (حوالى عشر الثانية). وهكذا فإنك حين تقلب الصور بسرعة تتراكب هذه الصور على شبكية العين فتبدو لك صور الشبح متحركة. ومثل هذا يحصل في مشاهدة السينما، إذ تعرض حوالى خمس وعشرين صورة متعاقبة في الثانية فتنطبع الصور على الشبكة وتبدو لنا مثيرة الحركة.

ومن الأمثلة الممتعة على خداع البصر تقفيص الكناري (أي وضعه في قفص). خذ بطاقة بيضاء مربعة الشكل طول ضلعها حوالى خمسة سنتيمترات. ارسم على أحد وجهيها قفصا وعلى الآخر كناريا ثم ثبّت هذه البطاقة داخل شق في رأس عود قصير مدوّر. ابرم العود بتحريكه بين راحتي يديك جيئة وذهابا بأقصى سرعة. ولاحظ كيف يبدو الكناري داخل القفص.



حدّد موقع الرسم الأساسية بدبوس تثبيت



النُّورُ والحياة

النُّورُ ضروريٌّ للحياة . وبِاستطاعتك إجراءُ اختباراتٍ لتبيانِ ما يحدثُ للكائنِ الحيِّ إذا حُرِمَ من النُّور . استأذِنْ والدَيكَ لاستخدامِ إحدى النَّباتاتِ في الحديقةِ أو المنزلِ لهذه التَّجربة . اخترْ نبتةً عريضةَ الورقِ كالغرنوقيِّ (إبرةِ الرّاعي) مثلاً . غطِّ ورقةً من كِلا جانبَيها بورقٍ أسودَ ثمَّ غطِّ ورقةً أخرى (على النَّبتةِ نفسِها أو على سِواها) بورقِ السِّلوفانِ الشَّفّاف .

بعدَ حوالَي أسبوعٍ ارفعْ غطاءَي الورقتَين ، وستجدُ أنَّ الورقةَ الَّتي غُلِّفتْ بورقٍ أسودَ قد استحالتْ صفراءَ معتلَّةً بينما ظلَّتِ الَّتي غُلِّفتْ بالسِّلوفانِ الشَّفّافِ خضراءَ نضرةً . قد تتساءلُ عن سببِ تغطيةِ ورقةٍ بالسِّلوفانِ في هذه التَّجربة ، والجوابُ أنَّ ذلكَ قِسمٌ مُهِمٌّ من التَّجربةِ وهو ما نُسمِّيهِ بالتَّجربةِ الحاكمة . لقد بيَّنتِ التَّجربةُ الحاكمةُ أنَّ غيابَ الضَّوءِ ، لا مجرَّدَ التَّغطيةِ ، هو الَّذي أثَّرَ في الورقةِ المصفرَّة .

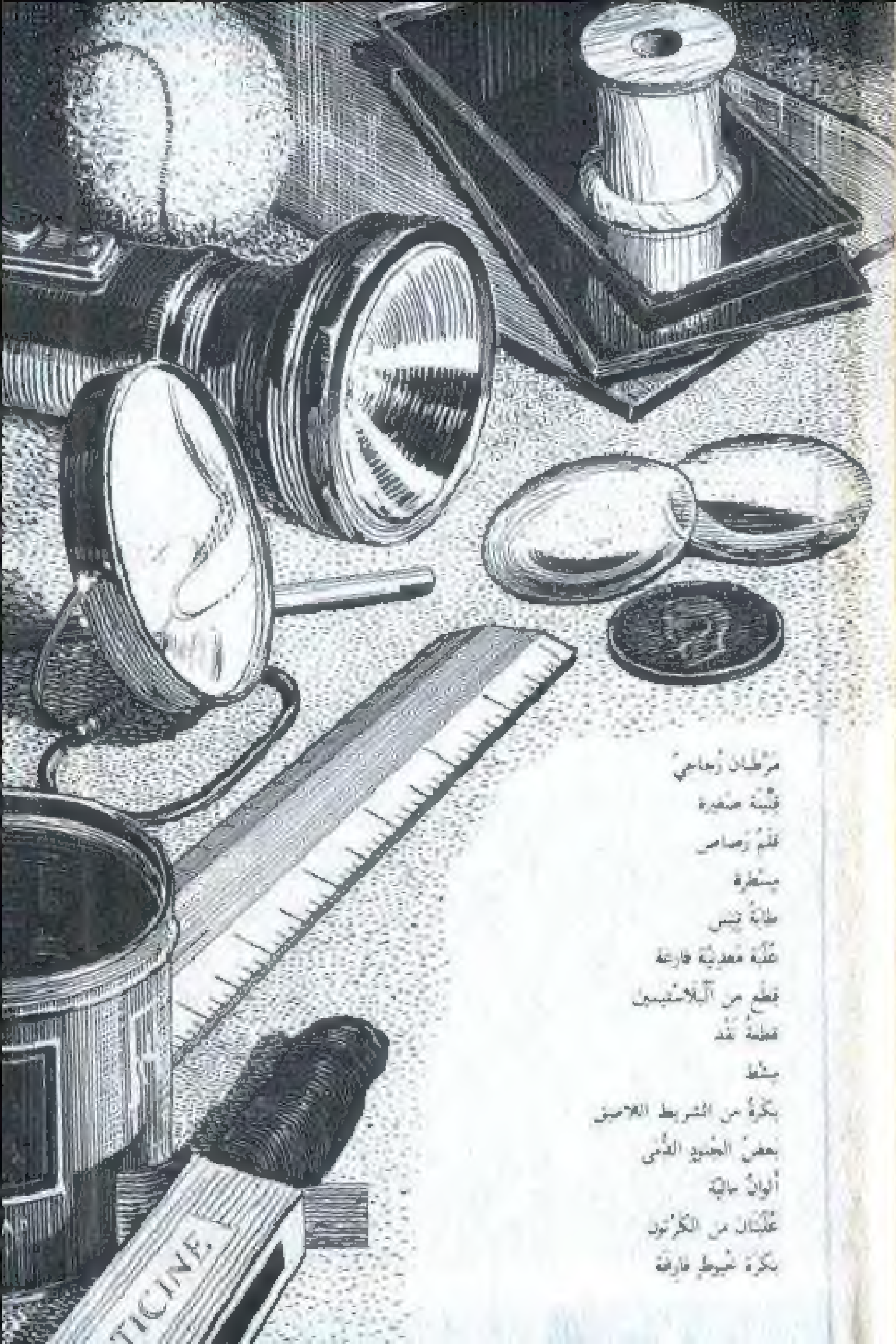
إنَّ الضَّوءَ الَّذي تمتصُّهُ أوراقُ النَّباتِ الخضراءُ هو الَّذي يُسبِّبُ التَّغيُّراتِ اللّازمةَ لنمائِهِ - فبدونِ الضَّوءِ لا يُمكِنُ للنَّباتِ أن ينمُوَ . والنَّباتاتُ بطبيعتِها تنشُدُ الضَّوءَ ، لذا نجدُ النَّبتَ قليلاً تحتَ أشجارِ الأحراجِ الظَّليلة . وفي الغاباتِ الكثيفةِ العتمةِ تتطاولُ الأشجارُ وتعلُو متنافسةً في سبيلِ الحصولِ على النُّور . كما نلاحظُ اتِّجاهَ النَّبتةِ الموضوعةِ على عتبةِ النّافذةِ ناحيةَ الضَّوء .

وأنتَ كذلكَ تشعُرُ بالانتعاشِ حينما تُشرقُ الشَّمسُ بعدَ فترةٍ من الجوِّ المتلبِّدِ الغائم . فنحنُ نحتاجُ النُّورَ والدِّفءَ كما يحتاجُهما النَّباتُ ، وبدونِ التَّعرُّضِ للضَّوءِ يُصبِحُ المرءُ سقيماً شاحبَ اللَّون . والحقيقةُ أنَّ الضَّوءَ ضرورةٌ حيويَّةٌ وبدونِهِ لن تكونَ الحياةُ !



إليك قائمة بالأدوات القليلة التي تلزمك لإجراء الاختبارات في هذا الكتاب ، ولعلّ معظمها متوفرٌ لديك حالياً.

مصباحٌ جَيبٍ كهربائي (كشّاف)
مرايا صغيرة
عدساتٌ مكبِّرة
عدساتُ نظاراتٍ قديمة (مُحدَّبة)
مرآةُ حلاقة
لوحٌ زجاجي ٣٠ سم × ٣٠ سم
شمعة
ورقُ سِلوفان ملوَّنٌ وشفاف
كأسٌ زجاجية



مرطبانٌ زجاجي
قنّينة صغيرة
قلمُ رصاص
مِسطرة
طابةُ تِنِس
علبة معدنية فارغة
قطع من البلاستيسين
قطعة نقد
مشط
بكرةٌ من الشريط اللاصق
بعضُ الخيوطِ القطنية
ألوانٌ مائية
علبتان من الكرتون
بكرة خيوط فارغة

سلسلة «العلوم المبسطة»

Series 621 / Arabic
